

Ken uzelve

Citation for published version (APA):

Joordens, J. C. A. (2019). *Ken uzelve: wat we kunnen leren van menselijke evolutie*. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/spe.20190613jj>

Document status and date:

Published: 13/06/2019

DOI:

[10.26481/spe.20190613jj](https://doi.org/10.26481/spe.20190613jj)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.



Prof. Dr. José Joordens

Faculty of Science and Engineering

**Ken uzelve: wat we kunnen leren van
menselijke evolutie**

Ken uzelve: wat we kunnen leren van menselijke evolutie

Geachte mevrouw de Rector Magnificus, gewaardeerde toehoorders, beste mensen,

Ken uzelve. Dat was het motto op de Apollotempel van Delphi, en het is ook de titel van deze oratie. Je zelf kennen als individu, zowel je sterke als je zwakke kanten onder ogen zien, is een grote uitdaging. Maar als je die zelfkennis bereikt, kun je je gedrag aanpassen, en beter reageren op wat er in het leven op je af komt. Als je jezelf kent, ben je in staat een gelukkiger leven te leiden.

Het is mijn stellige overtuiging dat dit niet alleen geldt voor de mens als individu, maar ook voor de mens als soort. Als wij onszelf als soort beter leren kennen, onze sterke en vooral ook onze zwakke kanten in kaart brengen, en daar ons gedrag en onze beslissingen op aanpassen, dan zal ook dat een verbetering van de kwaliteit van leven kunnen geven. Op alle niveaus: voor ons als individu, als maatschappij, als mensheid –en voor de wereld om ons heen.

In de komende 3 kwartier wil ik u graag vertellen wat het vakgebied van de menselijke evolutie –oftewel Paleoantropologie, of Menselijke Paleontologie- ons kan leren over onszelf als mens. Ik zal uitleggen wat het vakgebied behelst, inclusief een beetje geschiedenis, en op een rijtje zetten wat we weten en wat we nog niet weten. Ik zal ook ingaan op de problemen en uitdagingen, en hoe ik die in de komende jaren tegemoet hoop te treden.

Dit vakgebied mag zich verheugen in een grote belangstelling van wetenschappers, media en publiek. Blijkbaar hebben we een diep gevoelde psychologische behoefte om onze afkomst te kennen, te weten waar we vandaan komen. Elke menselijke cultuur kent oorsprongsverhalen en -theorieën, die het ontstaan van de wereld en van de mens proberen te verklaren –ieder op hun eigen manier. **Slide 2 Darwin**

In de wetenschap gaan we uit van de evolutietheorie van Charles Darwin, die in 1859 het beroemde boek “On the Origin of Species” (“Over het ontstaan van soorten”) publiceerde. In dit boek staat helemaal aan het eind één voorzichtig zinnetje over evolutie van de mens: “En een licht zal er schijnen over de oorsprong van de mens en zijn geschiedenis”. Een paar jaar later, in 1871, schreef Darwin een boek geheel gewijd aan menselijk evolutie. Interessant is dat hij daarbij een expliciet onderscheid maakte tussen Natuurlijke Selectie, over aanpassing aan ecologische omstandigheden, en Seksuele Selectie, over de rol van partnerkeuze als drijvende kracht voor verandering en soortvorming. Ik kom hier later op terug. Darwin legde, samen met wetenschappers als Huxley en Haeckel de basis voor het bestuderen van menselijke evolutie. **Slide 3. Haeckel**

Deze boeken, en de maatschappelijke controverses en discussies die ze met zich meebrachten, hadden een grote impact in die tijd, de tweede helft van de 19^e eeuw. Ook op de jonge Eugène Dubois uit Eijsden (hier vlakbij Maastricht), die met deze leerstoel geëerd wordt. Dubois was geïnspireerd -en geobsedeerd- door de baanbrekende ideeën van Darwin en Haeckel over evolutie. Hij was vastbesloten om aan te tonen dat zij gelijk hadden. Het inmiddels iconische verhaal van Dubois lijkt wel fictie. Maar het is echt gebeurd. **Slide 4. Dubois**

In 1887, nu 132 jaar geleden, vertrok Eugène Dubois als legerarts, samen met zijn vrouw en dochtertje, naar Nederlands-Indië. Zijn doel was om daar fossielen te vinden van de door Haeckel voorspelde “missing link”, een overgangsvorm tussen apen en mensen.

Dat was een radicale en nog nooit vertoonde actie –voor het eerst bewust zoeken naar fossielen. Na jaren onderzoek op Sumatra en Java vond Dubois uiteindelijk langs de Solo Rivier bij Trinil op Java een fossiel schedelkapje, een tand en een dijbeenbot. Het schedelkapje leek meer aap-achtig dan menselijk, en het dijbeen hoorde duidelijk bij een mensachtig wezen dat rechtop liep. Dubois schreef zijn vondsten daarom, na grondige studie, toe aan een nieuwe soort, *Pithecanthropus erectus*: de rechtopgaande aapmens. Inderdaad, een overgangsvorm, een vroege mensachtige. Dubois zocht een speld in de hooiberg, en hij had ‘m te pakken! Inmiddels kennen we veel meer fossielen van deze soort en noemen we ‘m *Homo erectus*. Het is waarschijnlijk onze directe voorouder.

Het bijzondere is dat Dubois niet alleen in fossielen van mensachtigen geïnteresseerd was, maar in letterlijk alle fossielen van Trinil: van de kleinste vogel- en vissenbotjes tot enorme resten van buffels en olifanten, en ook planten en schelpen. Hieraan danken we de ruim 40.000 fossielen in de Dubois Collectie, die nu in de toren van museum Naturalis in Leiden ligt. Dubois was ook daarmee zijn tijd ver vooruit. Hij beseftte dat het reconstrueren van het ecosysteem en klimaat, op basis van die andere fossielen, essentieel is voor het begrijpen van evolutie van mensachtigen. Want omgeving en klimaat, en veranderingen daarin over de tijd, bepaalden immers hoe ze leefden en hoe ze zich moesten aanpassen.

Hoewel Dubois tijdens zijn leven niet altijd de erkenning kreeg waar hij op hoopte, is hij nu wereldberoemd en gewaardeerd als de “vader” van de Paleoantropologie, en als een van de grondleggers van de paleoecologie en paleoklimatologie. Daarom is het voor mij zo bijzonder om hier nu te staan, in Maastricht, als eerste hoogleraar in Nederland met de specifieke leeropdracht Hominin Paleoecology and Evolution.

De Paleoecologie en Evolutie van Homininen, wat betekent dat? **Slide 5. Hominin stamboom**

Hominins –ik gebruik nu even de Engelse technische term- zijn gedefinieerd als mensen en hun uitgestorven rechtop lopende stamleden. De eerste mensachtigen ontstonden ongeveer 7 miljoen jaar geleden in Afrika en rond de 2 miljoen jaar geleden waaierden ze uit over Eurazië, en vervolgens Europa, Australië en Amerika. Dat weten we dank zij de fossielen van botten en tanden die ze achterlieten. Een beroemd voorbeeld is het 3.2 miljoen jaar oude skelet van “Lucy” uit Ethiopië, die hoorde tot de soort *Australopithecus afarensis*. Een ander voorbeeld is het skelet van de 1.4 miljoen jaar oude “Turkana Boy” uit Kenya, een *Homo erectus*, net zoals Dubois op Java vond.

De grote vraag in dit vakgebied is: wat heeft ons mens gemaakt?

Want wij zijn heel vreemde apen: we lopen op twee benen, en taal is zeg maar echt ons ding. We zijn verhalenvertellers. We verleiden elkaar met praten, zingen en dansen. We hebben erg kleine hoektanden, voelt u maar eens. Dat is heel wat anders dan de vervaarlijke hoektanden, echt wapentuig, die we bij de meeste apen en mensapen zien. Ook hebben we een grote sociale tolerantie. We zijn hier in een zaal vol mensen dicht bij elkaar, en we gedragen ons keurig. Dat zou met een zaal vol chimpansees niet lukken. We hebben abnormaal grote hersenen, waarmee we in staat zijn tot buitengewone prestaties op gebied van technologie, kunst en wetenschap.

Slide 6. Chimpansee, Bonobo, Mens

Ons DNA komt voor zo’n 98% overeen met dat met onze naaste levende verwanten. Dat zijn de Chimpansees en Bonobo’s, waarmee we zo’n 7 miljoen jaar geleden voor het laatst een

voorouder deelden. Maar we zijn totaal anders. Hoe is dat zo gekomen? Op deze grote vraag wil ik graag het antwoord vinden. Dat is wat mij beweegt.

U zult zich wellicht afvragen: waarom willen we dit weten? Wat hebben we er aan? Is het een aardige maar overbodige luxe, of schieten we er ook echt iets mee op, als mens in deze tijd? Mijn antwoord daarop is natuurlijk JA. Ik zal drie uitgebreide voorbeelden geven, over dieet, over strijd tussen de seksen, en over klimaat.

Slide 7. Cartoon dieet

Ten eerste. We leven nu in een moderne maatschappij met weinig beweging, een heel andere levensstijl en dieet dan waar ons lichaam evolutionair op aangepast is. Die *mismatch* leidt tot welvaartsziekten zoals diabetes, hart- en vaatziekten, obesitas, ontstekingsziekten en depressie. Deze ziektes komen erg veel voor in Westerse landen, en in toenemende mate ook in Afrika en Azië. Ze veroorzaken menselijk lijden en toenemende zorgkosten –emotionele en economische schade.

Studies aan het dieet van mensachtigen, geplaatst in het kader van evolutionaire geneeskunde, kunnen ons helpen om betere keuzes te maken in wat we eten en hoe we leven. We stammen in het verre verleden af van primaten die voornamelijk planten aten, maar de mensachtige familie is waarschijnlijk al miljoenen jaren omnivoor. We waren en zijn alleseters: planten, vlees, vis.

Slide 8. Watervoedsel

Zeker al vanaf 2 miljoen jaar geleden, en mogelijk al veel langer, vormden naast landplanten en -dieren ook watervoedsel zoals wieren, vissen, schelp- en schaaldieren, schildpadden en krokodillen een belangrijk deel van het voedsel van mensachtigen. Aan de basis van deze aquatische voedselketen staat fytoplankton, eencellige algen, die zogenaamde lange-keten onverzadigde omega3-vetzuren produceren, met name DHA en EPA. De dieren hogerop in de watervoedselketen bio-accumuleren deze vetzuren, waardoor bijvoorbeeld vette vis of walvisblubber een zeer rijke bron hiervan is.

Miljoenen jaren regelmatig eten uit het water heeft waarschijnlijk geleid tot de huidige relatief grote behoefte aan deze specifieke lange-keten omega-3 vetzuren in ons dieet. Recent onderzoek geeft aan dat de juiste hoeveelheid van deze vetzuren in ons dieet essentieel en zeer bepalend is voor onze geestelijke en lichamelijke gezondheid. Vandaar de aanrader om regelmatig vette vis te eten.

Het blijkt verder dat niet alleen de absolute hoeveelheid omega-3, maar ook de verhouding tussen omega-3- en omega-6 vetzuren in ons dieet van het grootste belang is. Toen we nog jagers-vissers-verzamelaars waren was die ratio ongeveer 1 op 1, maar nu we veel industrieel geproduceerd en bewerkt voedsel eten is die ratio bij veel mensen behoorlijk scheef. Soms wel 25 of meer keer zo veel omega-6 als omega-3. Daardoor neemt bijvoorbeeld de ontstekingsgevoeligheid van het lichaam sterk toe, hetgeen een cascade aan ziektes kan veroorzaken. Herstel van die oude ratio, waar ons lichaam evolutionair op aangepast is, zou een grote gezondheidswinst kunnen opleveren. Het is beter om welvaartsziekten te voorkomen dan ze te moeten genezen. Ik ben daarom voorstander van brede kennisoverdracht (bijvoorbeeld voedingsleer op scholen) en een kritische en productieve samenwerking tussen evolutiewetenschappers en de voedselindustrie.

Ten tweede. Een ander voorbeeld, iets dat we allen dagelijks ervaren, is de rolverdeling tussen mannen en vrouwen. **Slide 9. Club-winged manakin**

Hier is vanuit evolutie perspectief veel interessants over te zeggen. En ook hier valt er veel te winnen voor de maatschappij. Zowel bij mensen als bij andere dieren is er sprake van aantrekkingskracht, maar ook strijd tussen de seksen. Dat is een strijd zo oud als het ontstaan van seksuele voortplanting, zo'n 2 miljard jaar geleden.

Beide seksen willen zich voortplanten op een zo optimaal mogelijke manier, en daar lopen de belangen meteen al uiteen. Hoe meer verschil er is tussen de investering die gedaan moet worden om jongen te produceren en groot te brengen, hoe sterker de strijd zal zijn.

Voordat er seks bestond waren er alleen wezens die zichzelf konden vermenigvuldigen, zeg maar "vrouwen" die aan *cloning* deden. Dat gaat prima, maar er zit een groot nadeel aan. Als iedereen genetisch hetzelfde is, is de kwetsbaarheid voor ziekteverwekkers zoals bacteriën en virussen groot. Hierdoor bestaat het risico dat een infectieziekte snel leidt tot het compleet verdwijnen van een soort. Variatie die ontstaat door het seksueel mixen van genen is dus een goed idee, maar daar hangt wel een prijskaartje aan: mannen. Ze bestonden eerst niet, en toen opeens wel. Twee miljard jaar geleden kwam de mannelijke sekse erbij en werd het op aarde een stuk interessanter maar ook onrustiger. Verleiding en keuze, maar ook dwang en verzet.

Die strijd tussen vrouwen en mannen kan extreme vormen aannemen. Bijvoorbeeld bij sommige slakken, spinnen, insecten en vogels, waar een grimmige en soms gewelddadige wapenwedloop ontstaat. De man wil kost wat kost penetreren en bevruchten om zeker zijn van nageslacht. De vrouw wil kost wat kost zelf bepalen wie de vader wordt van haar nageslacht. Dit kan leiden tot ongelooflijk bizarre ontwikkelingen in de vorm van de geslachtsdelen, zoals bij de wilde eend:

Slide 10. Wilde Eend

een spiraalvormige penis, en een ingewikkelde, tegengesteld gewonden vagina met doodlopende gangen en verborgen kamers. Mijn Naturalis collega Menno Schildhuizen heeft een boeiend boek over dit onderwerp geschreven, "Darwins Peepshow" dat ik u van harte aanbeveel.

Gelukkig is de strijd tussen de seksen bij mensen relatief mild. Bij Chimpansees en veel apensoorten is het erger, daar is het echt vervelend om vrouw te zijn. En het is ook voor mannen en kinderen een relatief harde en gevaarlijke maatschappij. Bij Bonobo's gaat het er vreedzamer en plezieriger aan toe: coalities van vrouwen hebben in feite de macht, en corrigeren ongewenst gedrag van mannen. De moderne mens zit er beetje tussen in. Onze mannen en vrouwen zijn onderling veel verdraagzamer en gelijkwaardiger dan bij chimpansees het geval is.

Hoe zat dat bij onze mensachtige voorouders?

Gedrag fossiliseert niet, maar fossiele botten en tanden geven er wel informatie over. Bij mensachtigen zien we over het algemeen -net als bij moderne mensen- een betrekkelijk gering verschil in grootte, gewicht en kracht tussen mannen en vrouwen.

Ook zien we bij mensachtigen al sinds ruim 4 miljoen jaar geleden relatief kleine hoektanden, net zoals wij hebben: **Slide 11. Hoektanden**

Chimpansees en de meeste andere apen hebben daarentegen zeer grote en voortdurend scherp blijvende hoektanden. Het zijn vooral die hoektanden die de meeste apenmannen in staat stellen om onderling te vechten, vrouwen te terroriseren en tot seks te dwingen, en kinderen van andere mannen te doden.

We kunnen er dus van uit gaan dat de mensachtige lijn al lang, sinds miljoenen jaren, onderling relatief vreedzaam en verdraagzaam is. Maar het is een broos evenwicht, de strijd is doorlopend aan de gang. Ook bij de moderne mens moeten vrouwen hun seksuele en reproductieve autonomie, en hun maatschappelijke positie, nog steeds bevechten en verdedigen.

Onderzoek naar die strijd en de rolverdeling tussen mannen en vrouwen bij onze mensachtige voorouders, en bij andere diersoorten, leidt er toe dat we beter begrijpen waar onze strijd en ons gedrag nu vandaan komt. Het kan ons ook in staat stellen om dat gedrag bewust te veranderen, en de maatschappij anders in te richten, zodanig dat er een betere balans ontstaat tussen belangen van vrouwen en mannen. Het blijkt bijvoorbeeld dat evenwichtig gemengde werkteams het beste functioneren, en dat is iets waar we allemaal van profiteren.

Ten derde, het laatste en misschien wel het meest urgente voorbeeld om te leren van het verleden: klimaatverandering. **Slide 12. Klimaatverandering**

Op dit moment verandert het klimaat waar we bij staan, door toedoen van de mens. Dat zal wereldwijd leiden tot een cascade van deels voorspelbare, maar ook veel onvoorspelbare effecten. Sommige gebieden zullen onleefbaar worden, andere gebieden zullen juist aantrekkelijker worden. Nederland zal op termijn grotendeels onder de zeespiegel verdwijnen. Het gaat dus nog druk worden in Maastricht!

Klimaat- en omgevingsverandering is altijd een motor voor evolutionaire verandering. Sommige soorten passen zich aan en evolueren, andere soorten sterven uit en maken daardoor ruimte voor nieuwe levensvormen. In de evolutionaire geschiedenis van mensachtige soorten zijn er twee voorbeelden van klimaatverandering met grote gevolgen. **Slide 13. Klimaat Mio-Pliocene**

In de periode tussen ongeveer 11 en 7 miljoen jaar geleden was heel Afrika bedekt met een aaneengesloten bos, bewoond door een groot aantal soorten apen. Dit is ook de periode waarin de laatste gemeenschappelijke voorouder van Chimpansees, Bonobo's en mensen leefde. Rond de 7 miljoen jaar geleden werd het klimaat droger en kouder, met als gevolg dat het aaneengesloten bos fragmenteerde en uiteen viel in een aantal grote losse bosgebieden, gescheiden door droge zones. Het is zeer waarschijnlijk dat de klimaatverandering van 7 miljoen jaar geleden geresulteerd heeft in de geboorte van de stam van de mensachtigen. Het klassieke verhaal is dat onze voorouders in die tijd uit de bomen kwamen, en de savanne opliepen –op twee benen. Echter, we weten nu dat de mensachtigen nog lang in een bos ecosysteem bleven, en dat onze tweebeinigheid waarschijnlijk in het bos ontstaan is.

Een andere belangrijke klimaatverandering volgde in het Pliocene rond de 3 miljoen jaar geleden, waarbij onder meer de ijskap op de noordpool ontstond. Het is het begin van de ijstijden: Afrika werd weer een stapje droger en kouder. Ook deze klimaatverandering had een grote impact op de omgeving en op evolutie van mensachtigen. Dit is het moment waarop “Lucy” (*Australopithecus afarensis*) uitstierf, en we de oudst bekende fossielen van ons eigen genus *Homo* vinden. Je zou kunnen zeggen we ons bestaan als mens te danken hebben aan klimaatverandering. Dat is het goede eraan.

Maar dit verhaal laat ook zien dat uitsterven als gevolg van klimaatverandering een reëel risico is. *Afarensis* was een succesvolle soort die zo'n zeshonderd duizend jaar rondliep, en toen verdween. De moderne mens, *Homo sapiens*, bestaat zo'n driehonderdduizend jaar en is op dit moment -ondanks of misschien juist door zijn grote aantallen- erg kwetsbaar. Laten we niet hoogmoedig zijn en onszelf als soort voor onsterfelijk houden; de geschiedenis leert anders.

Op basis van deze voorbeelden kunnen we dus concluderen dat het belangrijk is om de evolutie van de mens te bestuderen. Echter, het is moeilijk om kritisch en objectief naar onze eigen soort te kijken. **Slide 14. Familieportret reconstructies**

Het gaat immers over onszelf, het komt heel dichtbij. Het voelt anders dan het bestuderen van mieren of olifanten. Het gaat over onze familie, en we willen onbewust graag dat we trots kunnen zijn op onze afkomst. Dus liefst een beetje een heroïsch verhaal, over onze voorouder als held, die door een moeilijke fase ging maar de tegenslagen overwon, zich aanpaste op unieke wijze en zo mens werd.

Verschillende onderzoekers, zoals Misia Landau en Wiktor Stoczkowski, hebben laten zien dat wetenschappelijke scenario's van menswording vaak een geïjkt patroon volgen, een patroon dat lijkt op de verhaallijn van volksverhalen en bijbelverhalen. Er is vaak sprake van een *golden age* en dan een verstoting uit het "paradijs" naar een vijandige omgeving, droog en vol roofdieren. Evolutie van de mens lijkt, volgens een dergelijke verhaallijn, te horen plaatsvinden onder moeilijke, arme omstandigheden, en niet onder makkelijke, rijke omstandigheden. Maar is dat wel zo? Als onderzoekers moeten we ons bewust zijn van deze valkuil, de verleiding van een goed verhaal. De feiten moeten altijd leidend blijven.

We zouden het onderzoek aan menselijke evolutie eigenlijk aan een objectieve buitenstaander moeten overlaten. Bijvoorbeeld een andere diersoort, of een intelligent wezen van een andere planeet. Dat zal voorlopig echter niet gebeuren, dus we moeten het toch maar zelf doen.

Slide 15. Jose op r.v. Mitra

In zekere zin ben ik een buitenstaander, of zij-instromer, in het vakgebied van de menselijke evolutie. Van oorsprong ben ik marien bioloog, gespecialiseerd in de ecologie van kustwateren. Met name in het fytoplankton, de basis van de aquatische voedselketen. Na mijn studie in Wageningen heb ik gewerkt in toegepast kustonderzoek bij Rijkswaterstaat, en als consultant mariene ecologie bij een bedrijf.

De geboortes van mijn twee kinderen, in combinatie met een drukke baan, zorgden voor een waterscheiding in mijn leven. Tijdens gedwongen rust als gevolg van een burn-out kreeg ik de kans om na te denken over de grotere vragen van het leven, en raakte ik geïnteresseerd in menselijke evolutie. Dit leidde tot een promotieonderzoek bij Aardwetenschappen aan de VU in Amsterdam, gevolgd door zes jaar onderzoek aan de Faculteit Archeologie in Leiden. Mijn expertise zit dus op het snijvlak van de biologie, geologie, en archeologie.

Ik verloochen mijn achtergrond niet: ik ben een radicale bioloog. Mijn uitgangspunt is dat de mens een dier is, dat leeft in een ecosysteem. Mensen zijn onderhevig aan hetzelfde stelsel van Natuurlijke en Seksuele Selectiemechanismen als andere dieren. De mens is niet een uniek wezen dat buiten de natuur staat.

Vanuit die gedachte bestudeer ik menselijke evolutie, en probeer daarmee zo objectief mogelijk te zijn. Echte objectiviteit is natuurlijk een illusie: ik ben een product van mijn afkomst, opvoeding, opleiding en werkervaring, ik ben een kustbewoner en een duiker, ik ben een vrouw, partner, en moeder. Dat alles kleurt mijn onderzoek naar menselijke evolutie. Dat is echter niet erg: wetenschap is een sociale bezigheid. Als het goed is ontstaat er, door diversiteit van deelnemers, een productieve balans tussen verschillende uitgangspunten en accenten. Mede daarom is het ook essentieel dat vrouwen en mannen gelijk vertegenwoordigd zijn in de wetenschap, op alle niveaus.

Hoe gaat onderzoek naar menselijke evolutie in zijn werk? **Slide 16. Afar**

De basis is eigenlijk nog steeds hetzelfde als in de tijd van Dubois: het veld in gaan, bijvoorbeeld in Afrika, Azië, en Europa, en daar fossielen en andere overblijfselen zoeken van mensachtige voorouders. In de afgelopen eeuw heeft dit zoeken een grote vlucht genomen en we hebben nu

wereldwijd een behoorlijke collectie fossielen, die zo'n 30 verschillende soorten mensachtigen vertegenwoordigen. En de teller blijft maar lopen. De laatste loot aan de struik is de onlangs op de Filippijnen gevonden *Homo luzonensis*, een kleine eilandbewoner.

Het is echter belangrijk om te beseffen dat fossilisatie een zeldzaam proces is dat alleen plaats vindt onder bepaalde omstandigheden, als een dier na zijn dood snel bedekt raakt met sediment. Vervolgens moet dat fossiel dan ook nog blootgelegd worden, bijvoorbeeld door erosie, en gevonden of opgegraven worden door een wetenschapper. Slechts een heel klein deel van Afrika en Eurazië is onderzocht, dus de toch al weinige fossielen die ontstonden, zijn (en worden) lang niet allemaal ontdekt.

De onderzoeker Martin heeft in 1993, op basis van gegevens van primaten, berekend dat de tot dan toe gevonden fossielen slechts ongeveer 3 % zullen vormen van de werkelijke diversiteit die er ooit geweest moest zijn. Ditzelfde percentage kunnen we ook toepassen op de tot nu toe gevonden mensachtigen: als die 30 soorten ongeveer 3% van het werkelijk aantal vormen, dan missen we nog zo'n 970 soorten! Dat is even schrikken. Maar zo gek is het niet, op 7 miljoen jaar tijd...

Slide 17. Martin

Martin heeft met eenvoudige modelsimulatie, met een hypothetische stamboom van 48 soorten, laten zien wat zo'n klein percentage gevonden fossielen betekent voor de mogelijkheid om ooit de "ware" volledige stamboom te kunnen reconstrueren. Op basis van een dergelijke beperkte hoeveelheid fossielen -in het model willekeurig verspreid over de stamboom- is de kans groot dat we de verkeerde voorouder relaties zullen toekennen, en dat we de timing van het ontstaan van geslachten systematisch zullen onderschatten.

We moeten als onderzoekers daarom heel, heel terughoudend zijn met het trekken van afstammingslijntjes tussen uitgestorven soorten. En erg ons best blijven doen om meer nieuwe fossielen te zoeken.

Als fossielen of andere overblijfselen dan gevonden zijn, willen we de klassieke journalistieke vragen beantwoorden: Wie, wat, waar, wanneer, waarom en hoe? Tot welke soort behoort het fossiel? Wat is het kenmerk dat we willen verklaren? Waar is het precies gevonden? Hoe oud is het? Was het klimaat nat of droog? Was de omgeving in die tijd een bos, een rivieroever, een droge savanne? De wie, wat, waar, wanneer vragen zijn meestal –maar niet altijd- relatief eenvoudig om aan te pakken, dank zij onze sterk toegenomen kennis en een scala aan geavanceerde technieken die we in het veld en in het laboratorium kunnen toepassen.

De antwoorden zijn, als alles goed gaat, concrete feiten en datapunten. Het zijn als het ware puzzelstukjes die ons helpen om hypothesen op te stellen over hoe menselijke evolutie over de afgelopen 7 miljoen jaar verlopen zou kunnen zijn.

Die hypothesen gaan over de waarom en hoe vragen, die veel complexer zijn.

In de paleoantropologie zijn we dus eigenlijk bezig om een ingewikkelde puzzel te leggen, zonder afbeelding als voorbeeld, en met een heel beperkt aantal puzzelstukjes. Heel veel puzzelstukjes missen nog. Dat lijkt vervelend, maar is natuurlijk een mooie uitdaging. Het onderzoek dat we doen is een werk in uitvoering, waarbij verkregen inzichten soms ook drastisch bijgesteld moeten worden.

Door de vondsten van steeds meer nieuwe soorten begint de stamboom van onze familie eruit te zien als een wild vertakte struik, eigenlijk precies zoals Haeckel al voorspelde. **Slide 18 Up-to-date stamboom.**

Zoals u ziet leefden er altijd meerdere soorten mensachtigen tegelijkertijd, soms op andere plaatsen, maar vaak ook in hetzelfde gebied. Niet alleen miljoenen jaren geleden, maar ook relatief recent nog. Op dit moment zijn wij als mensensoort alleen op de wereld, dat is echt een ongebruikelijke situatie. Bijvoorbeeld rond de 100.000 jaar geleden leefden moderne mensen (*Homo sapiens*) nog tegelijkertijd met de Neanderthalers (vooral in Europa), de Denisovans (vooral in Azië), *Homo naledi* (in Zuid-Afrika) en de eilandbewoners *Homo floresiensis* (op Flores in Indonesië) en *Homo luzonensis* (op Luzon in de Filipijnen). We kunnen ons dat nu haast niet voorstellen: zo veel soorten mensachtigen die we konden tegen komen!

Om het nog wat ingewikkelder te maken, realiseren we ons nu dat veel van deze soorten niet goed afgebakend zijn, maar dat ze zich met elkaar vermengden. **Slide 19 Vermenging**

Middels oud DNA onderzoek is aangetoond dat Neandertalers en moderne mensen seks met elkaar hadden, en dat het vruchtbaar nageslacht opleverde. En er waren nog meer mensachtige soorten betrokken bij deze vermenging: de Denisovans, en een tot dusver onbekende mensachtige soort –misschien wel *Homo erectus*. In het DNA van moderne mensen vinden we genen van deze vroegere mensachtigen terug. Wij allemaal, hier bijeen in deze zaal, hebben Neanderthaler DNA in ons genoom. Dat is een fascinerende gedachte. Deze genetische vermenging tussen nauw verwante soorten is iets dat natuurlijk ook in ons vroegste mensachtige verleden speelde. Dat maakt dat betrouwbare identificatie en naamgeving van fossielen, alleen op basis van uiterlijke kenmerken, behoorlijk moeilijk is –weer iets om rekening mee te houden bij het evolutie-onderzoek.

In de afgelopen 132 jaar, sinds de vondsten van Eugène Dubois, is de kennis over menselijke evolutie enorm toegenomen. Het vakgebied bloeit als nooit tevoren. Er wordt veel veldwerk gedaan op nieuwe plaatsen, en nieuwe methoden en technieken worden ontwikkeld. Bijvoorbeeld, in aanvulling op het analyseren van oud DNA, is het nu ook mogelijk om oude eiwitten uit fossielen halen. Het nadeel van DNA is dat het snel vergaat, dus die methode kan alleen toegepast worden op relatief jonge en goed gepreserveerde fossielen. Oude eiwitten zijn minder kwetsbaar en blijven langer intact. Dat is een groot voordeel, het betekent dat je met deze methode verder terug kunt in de tijd en ook oudere fossielen en fossielfragmenten op naam kunt brengen. Dit is een veelbelovende ontwikkeling waar we veel door kunnen leren.

We komen dus steeds meer te weten.

Echter, om terug te komen op de grote vraag “Wat heeft ons mens gemaakt?” -dat is nog steeds niet bekend. De hoe- en waarom vragen met betrekking tot het lopen op twee benen, het gebruik van taal, onze kleine hoektanden, sociale tolerantie, grote hersenen, rijke cultuur met kunst, wetenschap en technologie –ik moet u de antwoorden daarop schuldig blijven. Er zijn veel hypothesen die één of meerdere van deze menselijke kenmerken proberen te verklaren, maar er is nog geen breed gedeelde consensus daarover. De evolutionaire geschiedenis van mensachtigen is erg complex. Waarschijnlijk zal een combinatie van verschillende toetsbare hypothesen nodig zijn om een zo goed mogelijke verklaring te vinden.

Er is dus nog een hele hoop werk te doen.

Als bijzonder hoogleraar hier in Maastricht heb ik de ambitie om in de komende 5 jaar bij te dragen aan het beantwoorden van die grote vraag. **Slide 20 Diagram**

Dat ga ik op de volgende manier aanpakken, met drie categorieën van onderzoek, in combinatie met onderwijs: 1) het leveren van nieuwe data, 2) het formuleren van nieuwe toetsbare hypothesen, en 3) het exploreren van onderbelichte of zelfs als “gevaarlijk” beschouwde ideeën.

Er is uiteraard sprake van intensieve wisselwerking tussen de categorieën. Centraal staat de samenwerking met collega-wetenschappers en interactie met studenten. Ik zal de categorieën een voor een toelichten met voorbeelden.

Op de eerste plaats ga ik, samen met mijn team en vele collega's, zo veel mogelijk concrete puzzelstukjes aanleveren. Dat wil zeggen het uitvoeren van onderzoeksprojecten met focus op bepaalde geografische gebieden en tijdsperiodes, om "wie/wat/waar/wanneer-vragen" te beantwoorden en bestaande hypothesen te testen. Een voorbeeld daarvan is mijn belangrijkste onderzoek op dit moment, het Vidi project "Studying *Homo erectus* Lifestyle and Location" (oftewel *SHeLL*) bij Trinil op Java. Letterlijk in de voetsporen van Eugène Dubois.

Trinil, waar het allemaal begon, staat nog altijd volop in de belangstelling en is wetenschappelijk van grote waarde. Sinds 2016 doen we op uitnodiging van mijn Indonesische collega's onderzoek aan de geologie, ouderdom, paleoecologie en archeologie van Trinil. We kijken met nieuwe ogen naar deze klassieke *Homo erectus* site, in samenhang met andere afzettingen op Oost Java, en we passen de modernste technieken toe.

De aanleiding van dit onderzoek was een toevallige en zeer bijzondere vondst in de Dubois collectie van Naturalis. Een fossiele zoetwaterschelp met krassen, uit Trinil. **Slide 21**

Krassenschelp

Ons onderzoek daaraan duurde zeven jaar, en werd gepubliceerd in het tijdschrift *Nature*. We toonden aan dat mensachtigen op Java al zo'n half miljoen jaar geleden schelpen verzamelden om te eten, om werktuigen van te maken, en te gebruiken als ondergrond voor graven. Vooral dat laatste kreeg wereldwijd veel aandacht en maakte ook een hoop emotie los. **Slide 22 NOS foto**

Het in de schelp gekraste zigzag patroon is lang geleden gemaakt, maar is griezelig moderne-menschtig. Wat zegt dat over de wat er in de maker omging, over creativiteit en intelligentie? En wat zegt dat over ons? Opeens leek het verschil tussen moderne mensen en *Homo erectus* veel kleiner dan voorheen gedacht.

Er zijn nog altijd veel onbeantwoorde vragen over Trinil. De geologie is uitermate complex: het gaat om oude rivierafzettingen in een gebied waar vulkaanuitbarstingen, modderstromen en aardbevingen aan de orde van de dag waren –en zijn. Aardlagen van heel verschillende ouderdommen kunnen vlak bij elkaar liggen, en overgangen daartussen zijn vaak moeilijk te zien, door slechte ontsluiting en veel begroeiing. Om het nog uitdagender te maken staan de resten van de oude Dubois opgraving het grootste deel van het jaar onder het water van de Solo rivier. **Slide 23 Drone foto Trinil**

Ook is er al sinds 1895 een verhit debat gaande over de door Dubois gevonden fossiele botten: horen het schedelkapje en het grote dijbeenbot wel bij elkaar? Wie is die *Homo erectus* eigenlijk? Trinil geeft zijn geheimen niet makkelijk prijs.

Gelukkig hebben we een fantastisch interdisciplinair team en begrijpen we steeds beter wat we zien en wat we meten. Ik laat u hierbij even wat beelden zien om een indruk te geven van ons lopende onderzoek. **Slide 24 Survey pit, Slide 25 Opgraving, Slide 26 CT scans**

Als u meer details wilt horen, ben u van harte welkom bij de Zomerlezing aanstaande zondag in Eijdsen, georganiseerd door de Stichting Eugène Dubois.

In september dit jaar gaan we weer het veld in. Ik voorspel dat Trinil, en Oost Java als geheel, ons nog vele verrassende inzichten zal bezorgen. En ik verheug me er op om die in de komende jaren met u te delen.

Slide 20 opnieuw (=27)

Terug naar het overzicht van mijn plannen. Op de tweede plaats wil ik de meer complexe “hoe-en-waarom vragen” analyseren en nieuwe hypothesen ontwikkelen. Het gaat hierbij meestal over grotere schalen van tijd en ruimte.

Als wetenschappers nemen we soms te weinig tijd, en misschien durven we het ook niet goed, om de beschikbare interdisciplinaire data in samenhang te beschouwen en er een nieuwe draai aan te geven. Toch zijn dit soort review onderzoeken en -artikelen belangrijk. Al is het alleen maar om onszelf als onderzoeksgemeenschap eraan te herinneren dat we sommige dingen nog steeds niet weten. En dat dat echt moet veranderen, willen we verder komen met het vakgebied. Een voorbeeld van zo’n analyse en nieuwe hypothese hebben we net deze maand gepubliceerd in het *Journal of Human Evolution*. De vraag was: hoe heeft klimaatverandering de evolutie van vroege mensachtige soorten in Afrika beïnvloed?

We hebben alle mensachtige fossielen uit Afrika in de periode tussen 5 en 2.5 miljoen jaar geleden, per gebied, samen met paleoklimaat-gegevens in één overzicht gezet. **Slide 28**

hominins & klimaat

Daar hebben we een betrouwbaar patroon uit gedestilleerd, en dat vanuit een biogeografisch perspectief geanalyseerd. Deze analyse gaf ons nieuwe inzichten over de mogelijke locatie van het oorsprongsgebied van menselijke evolutie: niet de Oost-Afrikaanse Riftvallei zoals traditioneel gedacht wordt, maar het Oost-Afrikaanse kust-bos langs de Indische Oceaan. Dat is een zone van ongeveer 100-200 km breed, waar het door invloed van de zee altijd warm en groen is. Het is een water- en voedselrijke bosomgeving waar het onder alle omstandigheden goed toeven is: een refugium.

Onze hypothese is dat mensachtigen tijdens ongunstige, variabele klimaatfases in het kust-bos verbleven en daar evolueerden. Alleen tijdens gunstige, stabiele klimaatfases konden ze via rivieren ook het binnenland (zoals de Riftvallei) intrekken. **Slide 29 cartoon model.**

Dit is een gedurfde en speculatieve hypothese, te meer omdat er tot dusver nog nooit een fossiel van een mensachtige in het kust-bos gezocht of gevonden is. Het is daarom van groot belang dat deze hypothese op zo veel mogelijk manieren getoetst wordt. Samen met internationale collega’s zijn we hiervoor nu bezig met het opzetten van veldonderzoek in de Afar in Ethiopië en Turkana in Kenia. Ook andere onderzoeksgroepen hebben de uitdaging opgepakt. Susana Carvalho is al aan het graven in Gorongosa, aan de kust van Mozambique, op zoek naar fossielen van deze mensachtige bosbewoners. Ja, dat is misschien als het vinden van een speld in een hooiberg. Maar Dubois heeft bewezen dat het kan!

Slide 20 opnieuw (=30)

Op de derde plaats wil ik nog een stapje verder gaan. Nog verder uitzoomen, een nog groter blikveld hanteren. Kritisch bekijken of we wel op de goede weg zijn, en we geen waardevolle ideeën en soms controversiële hypothesen over het hoofd zien of negeren. Een voorbeeld.

Op basis van recent onderzoek wordt het steeds duidelijker dat, om menselijke evolutie te begrijpen, er meer nodig is dan alleen het mechanisme van Natuurlijke Selectie. We moeten ook kijken of en hoe de mechanismen van Seksuele Selectie en Zelf-Domesticatie (zeg maar selectie op “tamheid”) een rol hebben gespeeld.

Ik kom daarmee weer terug bij Darwin, de grootste denker van de biologie. **Slide 31 Pauw**

Het verhaal gaat dat Darwin er “ziek” van was dat hij het verschijnsel van de fraaie maar zeer onhandige pauwenstaart niet kon verklaren met Natuurlijke Selectie. Hij was daarom de eerste die het mechanisme van Seksuele Selectie door partnerkeuze identificeerde en documenteerde:

het idee dat de man de verleider is (bijvoorbeeld met verentooi, zang en dans) en de vrouw kiest. De vrouw bepaalt welke man zijn genen kan doorgeven, en welke man niet. Kenmerken en eigenschappen die zij mooi of belangrijk vindt, zullen voortbestaan en evolueren. Of dat nou een mooie lange staart is, vriendelijkheid en sociale tolerantie, of kleine hoektanden, extreem grote hersenen –het kan allemaal. Vooral in een voedselrijke en “makkelijke” omgeving (zoals bijvoorbeeld dat kust-bos!) kan de evolutie-bevorderende kracht van dit Seksuele Selectie mechanisme -“de vrouw bepaalt”- ongekend groot zijn. Dat is een intrigerend gegeven en aanleiding voor spannend nieuw onderzoek.

Ik ben blij en dankbaar dat ik in de komende 5 jaar in de Paleontologie groep van de Faculteit Science and Engineering aan dit prachtige onderwerp mag werken. Ik zie er naar uit om samen met studenten, middels het probleemgestuurde onderwijs en onderzoek hier in Maastricht, de vele open vragen aan te pakken.

Slide 32 Sint Pietersberg

Maastricht is een perfecte plek voor Paleontologie. De aanwezigheid van de fossiele Krijt-zee, de Belvédère groeve met sporen van Neanderthalers, en iets meer naar het Noorden de vroeg Pleistocene Tegelen klei: de regio heeft het allemaal.

Het is niet verwonderlijk dat deze omgeving, waarin zoveel tijd opgeslagen ligt, een grote invloed had op Eugène Dubois. Hij heeft een productief en lang leven van 82 jaar gehad, en veel meer gedaan en bereikt in de wetenschap dan alleen die spectaculaire vondsten uit Trinil. Op latere leeftijd werd hij steeds achterdochtiger en moeilijker voor zijn omgeving. Het deed me echter goed te lezen, in twee *In Memoriams* uit zijn sterfjaar 1940, dat er ondanks dat zo positief, respectvol en warm over hem geoordeeld werd. Dergelijke visionaire, creatieve, moedige en vasthoudende mensen, die buiten de gebaande paden durven te treden, zijn hard nodig in de wetenschap.

Eugène Dubois ligt begraven op het kerkhof in Venlo, de stad waar ik geboren ben. Dat is ongetwijfeld toeval, maar symbolisch wel mooi. Ik sta op de schouders van een reus.

Dan ben ik nu aangekomen bij het dankwoord. Waar te beginnen? Bij het heden, en dan terug in de tijd. Ik dank de Rector, het College van Bestuur en de decaan van de Faculteit Science and Engineering voor het instellen van deze leerstoel. Dank ook aan mijn nieuwe collega's hier in Maastricht voor het warme welkom: we kennen elkaar nog maar net, maar het voelt al heel vertrouwd.

Ik dank Naturalis voor het instellen van deze leerstoel: dank aan Edwin, Maaike, Erik, Willem, Frank, Anne en alle collega's, voor hun vertrouwen in mij.

Mijn grote dank gaat uit naar het Trinil team waar ik uitermate trots op ben: ik noem speciaal Eduard Pop, Sander Hilgen en Harold Berghuis –let op deze namen, daar gaat u nog veel van horen. Ik ben dankbaar en vereerd dat John de Vos, vermaard paleontoloog en voormalig curator van de Dubois collectie, vandaag in ons midden is. Hij stond aan de wieg van mijn carrière in de menselijke evolutie, en was en is mijn leermeester.

Ik dank mijn andere leermeesters Dick Kroon en Hubert Vonhof, samen de ideale combinatie: Dick daagt me uit en Hubert houdt me binnen de perken.

Wetenschap doe je niet alleen. In de loop van de jaren is er een hecht en wereldwijd netwerk van collega-wetenschappers en vrienden ontstaan. Dat is niet alleen van grote waarde voor mijn werk, maar ook voor mijn leven. Ik kan niet alle namen noemen, maar weet wel dat die in mijn gedachten zijn.

Ik ben nog steeds nauw verbonden met de Faculteit Archeologie in Leiden en de Faculteit Aardwetenschappen op de VU. Sinds kort ook met de collega's van Omgevingswetenschappen in Wageningen, en uiteraard de nieuwe Paleontologie professor Anne Schulp in Utrecht. Dank voor de inspirerende samenwerking!

I am grateful to my many international colleagues and friends, especially my mentor Craig Feibel, my “scientific mother” Meave Leakey, and my Indonesian counterpart Shinatria Adhityatama. Helemaal aan het begin van mijn wetenschappelijke ontwikkeling stonden Hans van Haren en vooral Winfried Gieskes. Ze me lieten kennis maken met zeegaand onderzoek, en leerden me hoe je wetenschap bedrijft. Ik heb er een liefde voor fytoplankton en voor Texel aan over gehouden.

Tenslotte, de grootst mogelijke dank aan mijn ouders, Marc en Mariet Joordens, en aan mijn gezin: JW, Yann en Julie.

Zij hebben mij mens gemaakt.

Ik heb gezegd.

Referenties

- Barge, J.A.J., 1940. In Memoriam Eugène Dubois. Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde 84 (51): 4994-4995.
- Boeke, J., 1940. Levensbericht van Marie Eugène François Thomas Dubois (28 januari 1858-16 december 1940). Jaarboek der Nederlandsche Akademie van Wetenschappen 1940-1941, 10 p.
- Braun, D.R., Harris, J.W.K., Levin, N.E., McCoy, J.T., Herries, A.I.R., Bamford, M.K., Bishop, L.C., Richmond, B.G., Kibunjia, M., 2010. Early hominin diet included diverse terrestrial and aquatic animals 1.95 Ma in East Turkana, Kenya. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 107 (22): 10002–10007.
- Cappellini, E., Welker, F., Pandolfi, L., Madrigal, J.R., Fotakis, A.K., Lyon, D., Moreno Mayar, V.J., Bukhsianidze, M., Rakownikow Jersie-Christensen, R., Mackie, M., Ginolhac, A., Ferring, R., Tappen, M., Palkopoulou, E., Samodova, D., Rütther, P.L., Dickinson, M.R., Stafford, T., Chan, Y., Götherström, A., Nathan, S.K., Heintzman, P.D., Kapp, J.D., Kirillova, I., Moodley, Y., Agusti, J., Kahlke, R.-D., Kiladze, G., Martínez-Navarro, B., Liu, S., Sandoval Velasco, M., Sinding, M.-H.S., Kelstrup, C.D., Allentoft, M.E., Krogh, A., Orlando, L., Penkman, K., Shapiro, B., Rook, L., Dalén, L., Gilbert, T.P., Olsen, J.V., Lordkipanidze, D., Willerslev, E., 2018. Early Pleistocene enamel proteome sequences from Dmanisi resolve *Stephanorhinus* phylogeny. BioRxiv doi: <http://dx.doi.org/10.1101/407692>.
- Danneman, M., Racimo, F., 2018. Something old, something borrowed: admixture and adaptation in human evolution. Current Opinion in Genetics & Development 53:1–8.
- Darwin, C., 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. John Murray, 502 p.
- Darwin, C., 1871. The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex. John Murray, 698 p.
- Dubois, M.E.F.T., 1894. *Pithecanthropus Erectus*, eine Menschenähnliche Übergangsform aus Java. Landesdruckerei Batavia.
- Habermann, J.M., Alberti, M., Aldeias, V., Alemseged, Z., Archer, W., Bamford, M., Biro, D., Braun, D.R., Capelli, C., Cunha, E., Ferreira da Silva, M., Ludecke, T., Madiquida, H., Martinez, F.I., Mathe, J., Negash, E., Paulo, L.M., Pinto, M., Stalmans, M., Tata Regala, F., Wynn, J.G., Bobe, R., Carvalho, S., 2018. Gorongosa by the sea: first Miocene fossil sites from the Urema Rift, central Mozambique, and their coastal paleoenvironmental and paleoecological contexts. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 514: 723-738.
- Haeckel, E., 1879. The Evolution of Man: a popular scientific study of the principal points of human ontogeny and phylogeny. Appleton and Company, 467 p.

- Holbourn, A.E., Kuhnt, W., Clemens, S.C., Kochhann, K.G.D., Jöhnck, J., Lübbers, J., Andersen, N., 2018. Late Miocene climate cooling and intensification of southeast Asian winter monsoon. *Nature Communications* 9 (1584):1-33.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018. IPCC Special Report: Global Warming of 1.5 °C. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf
- Joordens, J.C.A., Kuipers, R.S., Wanink, J.H., Muskiet, F.A.J., 2014. A fish is not a fish: patterns in fatty acid composition of aquatic food may have had implications for hominin evolution. *Journal of Human Evolution* 77: 107-116.
- Joordens, J.C.A., d'Errico, F., Wesselingh, F.P., Munro, S., de Vos, J., Wallinga, J., Ankjærgaard, C., Reimann, T., Wijbrans, J.R., Kuiper, K.F., Mûcher, H.J., Coqueugniot, H., Prié, V., Paniel, M., van der Haas, V., Lustenhouwer, W., Joosten, I., Schulp, A., van Os, B., Reijmer, J.J.G., Roebroeks, W., 2015. *Homo erectus* at Trinil on Java used shells for tool production and engraving. *Nature* 518: 228-231.
- Joordens, J.C.A., Feibel, C.S., Vonhof, H.B., Schulp, A.S., Kroon, D., 2019. Relevance of the eastern African coastal forest for early hominin biogeography. *Journal of Human Evolution* 131: 176-202.
- Konner, M., 2015. *Women After All: sex, evolution and the end of male supremacy*. Norton & Company, 404 p.
- Kuipers, R.S., Joordens, J.C.A., Muskiet, F.A.J., 2012. A multidisciplinary reconstruction of Palaeolithic nutrition that holds promise for the prevention and treatment of diseases of civilisation. *Nutrition Research Reviews* 25: 96-129.
- Saini, R.K., Keum, Y.-S., 2018. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance — A review. *Life Sciences* 203: 255-267.
- Landau, M., 1998. Human evolution as narrative: have hero myths and folktales influenced our interpretations of the evolutionary past? *American Scientist* 72 (3): 262-268.
- Levin, N.E., 2015. Environment and climate of early human evolution. *Annual Review of Earth and Planetary Science* 43:405–29.
- Martin, R.D., 1993. Primate origins: plugging the gaps. *Nature* 363: 223-234.
- Prum, R.O., 2018. *The Evolution of Beauty: how Darwin's forgotten theory of mate choice shapes the animal world –and us*. Anchor Books, 428 p.
- Roebroeks, W., Sier, M.J., Kellberg Nielsen, T., De Loecker, D., Parés, J.M., Arps, C.E.S., Mûcher, H.J., 2012. Use of red ochre by early Neandertals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 109 (6): 1889-18994.
- Sánchez-Villagra, M.R., van Schaik, C.P., 2019. Evaluating the self-domestication hypothesis of human evolution. *Evolutionary Anthropology* 28 (3): 133-143.
- Schilthuizen, M., 2014. *Darwins Peepshow: wat geslachtsdelen onthullen over evolutie, biodiversiteit en onszelf*. Atlas Contact, 351 p.
- Spoor, F., 2016. *Evolving Primates: a palaeontologist's view of his tribe*. 38th Kroon Lecture, Joh. Enschedé Amsterdam, 52 p.
- Stoczkowski, W., 2002. *Explaining Human Origins: myth, imagination and conjecture*. Cambridge University Press, 234 p.
- White, T.D., Asfaw, B., Beyene, Y., Haile-Selassie, Y., Lovejoy, O., Suwa, G., WoldeGabriel, G., 2009. *Ardipithecus ramidus* and the paleobiology of early hominids. *Science* 326: 75-86.